

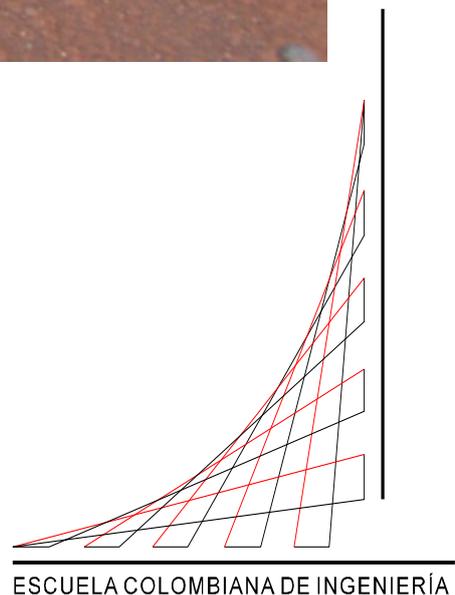
FUNDICIÓN

PROTOCOLO

CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA



EDICION 2008-2
FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL
LABORATORIO DE PRODUCCION



ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	3
SEGURIDAD PARA LA PRÁCTICA.....	3
1 ASIGNACIÓN DE TIEMPOS.....	4
1.1 Teoría.....	4
1.2 Práctica I.....	4
1.3 Práctica II.....	5
2 HISTORIA DE LA FUNDICIÓN	5
3 PROCESOS DE FUNDICION	6
4 FUNDICIÓN EN MOLDES DESECHABLES.....	6
4.1 FUNDICIÓN EN ARENA.....	6
4.1.1 Generalidades	6
4.1.2 Modelos para fundición en arena.....	7
4.1.3 Clasificación de los Modelos para fundición en arena	7
4.1.3.2 Modelos divididos.....	7
4.1.3.3 Placas Modelo.	8
4.1.4 Arena.....	8
4.1.5 El molde.....	8
4.2 FUNDICIÓN A LA CERA PERDIDA.....	9
4.3 PROCESO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO.....	12
5 FUNDICIÓN EN MOLDES PERMANENTES.....	13
5.1 Fundición en molde permanente por gravedad.....	13
5.2 Fundición en molde permanente a baja presión.	14
5.3 Fundición en molde permanente al vacío.....	14
5.4 Fundición en molde permanente a alta presión.	15
6 TIPOS DE HORNOS.....	16
6.1 Hornos de crisol	16
6.2 Hornos eléctricos	17
7 DEFECTOS DEL PROCESO DE FUNDICIÓN	18
8 PRACTICA	20
8.1 Elementos de la práctica.....	20
8.2 Práctica – Fundición en Arena	22
8.2.1 Preparar Arena	23
8.2.2 Preparar Molde.....	24
8.2.3 Fundir metal.....	24
8.3 Práctica – Fundición en Cera Pérdida.....	28

INTRODUCCIÓN

Uno de los procesos de manufactura más empleados en la industria es la fundición. Esta se encarga de llevar los metales hasta el punto de fusión, para que el metal adopte la forma deseada a través de un molde.

Dentro del proceso de formación de un ingeniero industrial, el conocimiento de este proceso permitirá tomar decisiones técnicas a la hora de diseñar productos o dirigir operaciones que involucren los procesos de fundición.

OBJETIVOS

Los objetivos que persigue la correcta realización de esta práctica son:

- Conocer las normas de seguridad que se deben tener en cuenta al realizar procedimientos de fundición
- Encontrar la importancia de la fundición como proceso de manufactura en la industria.
- Identificar cada uno de los pasos para llevar a cabo una fundición.
- Identificar los elementos de una mezcladora.
- Conocer el funcionamiento de un horno eléctrico y de un horno gas, sus diferencias y ventajas frente al proceso de fundición.
- Identificar las herramientas manuales requeridas en un proceso de fundición.

SEGURIDAD PARA LA PRÁCTICA

Para evitar lesiones y/o fallas en la maquinaria e implementos de apoyo, causados durante la realización de la práctica, es necesario que los estudiantes al momento de realizarla tengan en cuenta:

- Es importante portar los elementos de seguridad necesarios: guantes de asbesto o carnaza largos para proteger los brazos, overol, gafas de seguridad, careta, botas de seguridad y peto.
- Riesgos por el movimiento de la mezcladora: Durante el proceso de preparar la arena para fundir debe evitar acercarse a piezas que pueden aplastar o atrapar partes del cuerpo o de la ropa, revisar que la puerta se encuentre bien cerrada para evitar proyecciones de material y nunca trabajar en la mezcladora sin las guardas que aíslan las cadenas y extremos del motor y el reductor.
- Riesgos relacionados con el manejo del horno eléctrico: Utilizar los elementos de protección para temperatura, evitar cualquier contacto con los terminales eléctricos de las resistencias del horno o cualquiera de sus

partes. Durante el proceso de fundición del metal mantener el crisol en una posición estable para evitar derramar metal sobre las resistencias del horno.

- Riesgos relacionados con el manejo del horno a gas: por quemaduras en el proceso de calentamiento del horno.
- Riesgos relacionados con metal fundido: La temperatura para fundir el aluminio es de 660 grados, por lo que el metal fundido deberá manipularse con mucho cuidado evitando derramar el material; al preparar la arena se deberá controlar la humedad para evitar que al verter el metal fundido se generen borboteos fuera del molde que puedan quemar al operario; evitar inhalar los vapores emanados durante el proceso de fundición.
- Riesgos durante el proceso de moldeo: Al manipular las cajas de moldeo con arena se debe mantener posturas adecuadas para evitar lesiones por desplazamientos de cargas; al girar las cajas de moldeo tener cuidado para no machucarse con estas.

1 ASIGNACIÓN DE TIEMPOS

1.1 Teoría

TEORIA	TIEMPO (min.)
-Instrucciones de seguridad y de buenas prácticas, para el bienestar de los usuarios.	5
-Explicaciones generales acerca de la historia, los procesos de fundición y moldes desechables.	15
-Conocimientos sobre la fundición en arena, incluye generalidades, modelos para fundición y clasificación de los modelos.	45
-Explicación de la fundición en cera perdida y proceso con poliestireno expandido.	40
-Conceptos sobre fundición en moldes permanentes, incluye molde por gravedad, al vacío y alta presión.	20
-Explicación sobre tipos de hornos, el crisol y los eléctricos.	22
-Aplicaciones sobre defectos del proceso de fundición.	13
Total	160

1.2 Práctica I

PRÁCTICA	TIEMPO (min)
-Prepara arena burda.	20
-Prepara arena contacto	20
-Alistar molde modelo y cajas.	10
-Fundir metal.	25
-Elaboración de caja cavidad	30
-Elaborar caja base.	30
-Ensamblar el molde	15
-Verter	5
-Des moldear	10
-Recoger	5
Total	170

1.3 Práctica II

PRÁCTICA	TIEMPO (min)
-Elaboración modelo campana.	15
-Elaboración vertedero / respiradero	10
-Elaborar final del modelo en cera	15
-Elaboración refractario	10
-Fundir metal	15
-Preparar y rellenar	20
-Curado yeso y derretir la cera	60
Verter el metal molde	5
-Des moldear	5
-Recoger	5
Total	160

2 HISTORIA DE LA FUNDICIÓN

La fundición nace en la edad de cobre debido a la necesidad de desarrollar elementos para la supervivencia y para la guerra. Esta etapa es decisiva porque en ella se inicia un cambio importante en la metalurgia: esta se ve desarrollada por que los metales en uso se deforman fácilmente y por lo tanto se inician pruebas para generar herramientas que hicieron más fácil la vida del hombre.

Por consiguiente se deja de lado el uso de la piedra como materia prima principal de herramientas. En esta búsqueda el hombre se vio en la necesidad de generar mezclas de metales o para dar diferentes formas a los metales.

Las primeras formas se dieron al finalizar la edad de piedra y al iniciar la edad de cobre dando paso al nacimiento de la metalurgia. Estas formas se dieron martillando las placas de cobre, este proceso recibió el nombre de forjado. Luego se busco la fusión de metales en hornos rudimentarios para lograr temperaturas elevadas, y los moldes siempre fueron manufacturados en piedra blanda y en esta tallaron la cavidad de la pieza a fabricar.

Con el descubrimiento de esta fusión de metales para armas, utensilios, monedas, en algunas poblaciones se inicio el proceso metalúrgico de fabricar objetos con aleaciones de cobre con estaño, aluminio, magnesio, manganeso, oro y plata.

Al principio se usaron moldes abiertos y el vaciado del metal no necesitaba ningún canal de alimentación, pero con la tecnificación del proceso y con la producción de herramientas y armas cada vez más complejas se inventaron los moldes cerrados y con estos los canales de alimentación para su llenado.

3 PROCESOS DE FUNDICION

Los procesos de fundición se pueden clasificar según el tipo de molde que utilicen: moldes permanentes o moldes desechables.

Los procesos de molde desechable implican que para sacar la pieza fundida se debe destruir el molde que la contiene, haciendo de este un proceso con velocidades de producción bajas. Gran parte del tiempo de fabricación se destina a realizar el molde y el tiempo de fundición es relativamente bajo en comparación con el de moldeo.

En los procesos de fundición en molde permanente, el molde esta fabricado en un material duro como el metal o la cerámica que permite usarlo repetidas veces; el poder reutilizar el molde permite que el tiempo de producción sea mas bajo que en los procesos de molde desechable.

4 FUNDICIÓN EN MOLDES DESECHABLES

4.1 FUNDICIÓN EN ARENA

4.1.1 Generalidades

El trabajar con arena permite trabajar metales con altos puntos de fundición como el acero y el níquel.

El proceso general de la fundición en arena comienza con la fabricación del modelo de la pieza a fundir, luego este modelo se coloca entre la arena para generar una cavidad negativa y se ubican los sistemas de alimentación que guiaran el metal fundido hacia las cavidades del molde.

Una vez el metal se solidifica al interior de la cavidad, se destruye el molde y se extrae la pieza terminada; si se requiere se puede realizar el proceso de tratamiento térmico a la pieza fundida o realizar los procesos adicionales de acabados y controles necesarios.

El siguiente es un esquema que muestra de forma esquemática el proceso de fundición en arena:

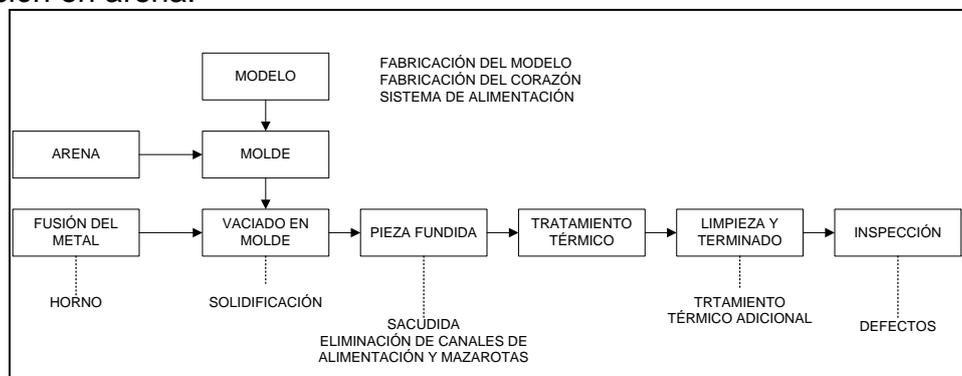


Figura 1. Pasos de producción en una operación típica de fundición en arena.

4.1.2 Modelos para fundición en arena.

Los modelos para fundición en arena serán los encargados de generar la cavidad en la arena para posteriormente fundir el metal en ella.

El tamaño de los modelos debe contemplar los valores de contracción del metal fundido y los excesos de material para procesos de maquinados posteriores. La selección del material para el modelo dependerá de factores como: tamaño y forma de la fundición, precisión dimensional y la cantidad de ciclos que se quiera utilizar el modelo. En la siguiente tabla se aprecian características de diferentes materiales para ser usados como modelos.

Característica	Calificación ^a				
	Madera	Aluminio	Acero	Plástico	Hierro fundido
Maquinabilidad	E	G	F	G	G
Resistencia al desgaste	P	G	E	F	E
Resistencia mecánica	F	G	E	G	G
Peso ^b	E	G	P	G	P
Facilidad de reparación	E	P	G	F	G
Resistencia a:					
Corrosión ^c	E	E	P	E	P
Hinchamiento ^f	P	E	E	E	E

^aE, excelente; G, bueno; F, regular; P, pobre
^bComo un factor en la fatiga del operador
^cPor agua
Fuente: D. C. Ekey y W. R. Winter, *Introduction to Foundry Technology*, New York. McGraw-Hill, 1998.

Tabla 1. Características de los materiales de los modelos

La superficie del modelo puede ser recubierta por agentes separadores que permitan un fácil desmolde del modelo en la arena.

4.1.3 Clasificación de los Modelos para fundición en arena

4.1.3.1 Modelos de una sola pieza

También llamados modelos sólidos, tienen la misma forma que el producto y un extra de material para contrarrestar la contracción del material y los procesos de maquinados posteriores. Se utilizan para piezas simples y producción de bajas cantidades.

4.1.3.2 Modelos divididos.

Son modelos en dos piezas donde cada una de las piezas forman cada una de las mitades de la cavidad. El plano donde se parten las piezas del modelo coincide con el plano de partición del molde usado para la fundición.

Se obtienen formas más complejas, menores tiempos para el moldeo y mayores cantidades de producción.

4.1.3.3 Placas Modelo.

Este procedimiento se utiliza para volúmenes de producción mayores. En este los modelos partidos se adhieren a una placa de acoplamiento; la placa cuenta con guías para lograr hacer coincidir las mitades que harán las cavidades en la arena.

En ocasiones las placas modelo cuentan con partes como los sistemas de vaciado, canales o mazarotas.

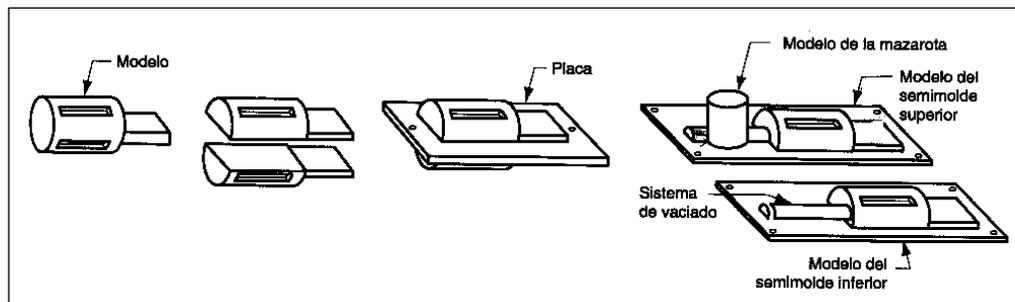


Figura 2. Partes de las placas modelo.

4.1.4 Arena.

Para los procesos de fundición en arena se utiliza arena de sílice (SiO_2), debido a su economía y resistencia a altas temperaturas.

Uno de los factores más importantes en la selección de la arena es el tamaño del grano. Los granos finos permiten un mejor acabado superficial de la cavidad y así de la pieza; sin embargo los granos finos reducen la permeabilidad del molde.

Para lograr una forma estable y mejorar la resistencia del molde la arena se mezcla de forma homogénea con bentonita la cual funciona como aglutinante.

Durante el proceso se tamiza la arena, de tal forma que la arena mas fina es la que entra en contacto con el modelo y la arena mas gruesa da el cuerpo al molde y permite la salida de gases.

También se pueden agregar resinas o aglutinantes orgánicos o inorgánicos a la arena para darle mayor resistencia durante el proceso de fundición.

4.1.5 El molde.

Los componentes principales de un molde para fundición en arena son:

- 1.1 El molde esta soportado por una caja de moldeo: existe un molde superior e inferior, y la unión entre los dos forma la línea de partición.
- 1.2 El bebedero es el conducto que recibe el metal y lo lleva hacia el interior del molde; el extremo del bebedero tiene forma de cóno para facilitar el proceso de verter el metal fundido.

- 1.3 La mazarota es una cavidad que se llena de metal fundido y suministra el metal adicional necesario para contrarrestar el proceso de contracción durante la solidificación del metal.
- 1.4 Los canales de llenado llevan el metal fundido desde la mazarota hasta la cavidad del molde.
- 1.5 Los insertos hechos en arena que permiten generar cavidades huecas dentro de la pieza fundida reciben el nombre de corazones. En ocasiones requieren de sujetadores para permanecer en la posición adecuada durante el proceso de verter el metal líquido.
- 1.6 Los respiraderos tienen como función permitir el flujo hacia el exterior del aire y gases que se acumulan durante el proceso de fundición en el interior del molde. Permiten que se realice un buen proceso de llenado de la cavidad.

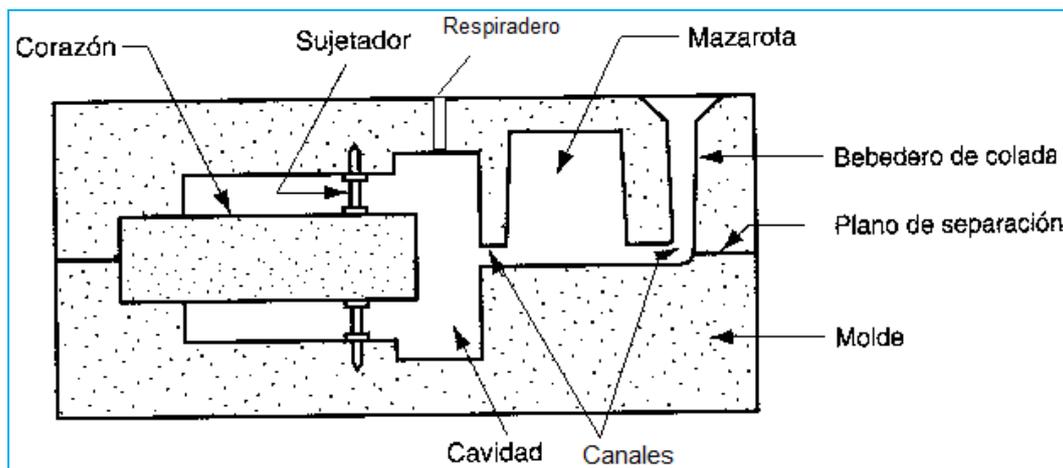


Figura 3. Molde para fundición en arena.

4.2 FUNDICIÓN A LA CERA PERDIDA

El proceso de fundición "a la cera perdida" tiene sus orígenes en culturas milenarias que ya conocían sus ventajas y rendimiento debido al poco desperdicio de metal cuando se usa cera perdida. Este método ya era utilizado por los sumerios del valle del Tigris y el Éufrates, alrededor del año 3000 a.C.; posteriormente se extendió por el Oriente Medio y llegó a China alrededor del año 1500 a.C. Todas las grandes civilizaciones de la Antigüedad, Egipto, Grecia, Roma., se beneficiaron de sus excelencias y eficacia.

El punto de partida es la pieza original realizada en cera. A partir de dicho modelo, se elabora un molde en cerámica en el que quedan impresos, con toda exactitud, los rasgos de la pieza.

Los pasos a seguir son los siguientes:

Un molde, con la forma de la pieza a ejecutar, se rellena con cera líquida, al endurecerse la cera se obtiene una reproducción en este material del modelo primitivo.

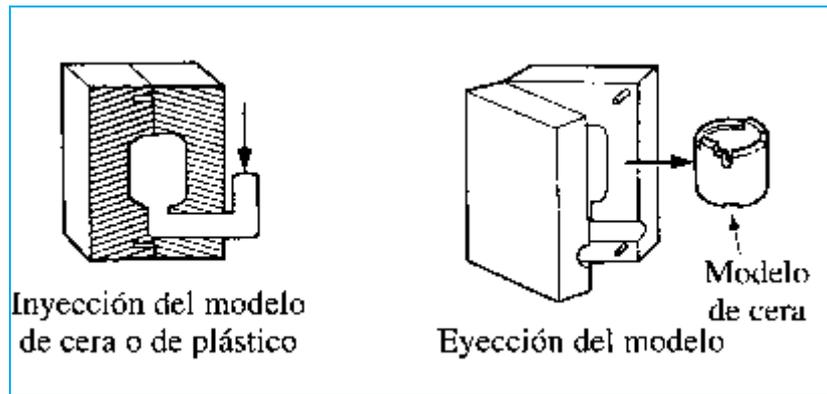


Figura 4. Molde para hacer el modelo

Al modelo en cera se le agregan la red de canales de llenado, bebederos y respiraderos necesarios para lograr realizar el llenado de metal fundido posteriormente, estas partes también se realizan en cera. Se adhieren varios modelos de cera en un “árbol”, para facilitar la fundición de varias piezas a la vez.

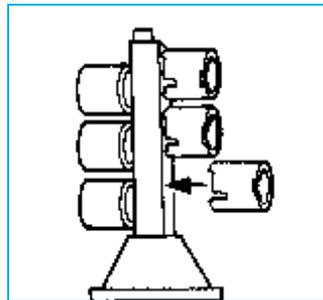


Figura 5. Ensamble de los modelos

Se procede a la inmersión de todo el conjunto en un baño cerámico que posteriormente formara el molde final. Esta operación debe repetirse hasta que el conjunto este totalmente cubierto y el espesor del material cerámico sea suficiente para soportar la presión generada por el metal fundido.

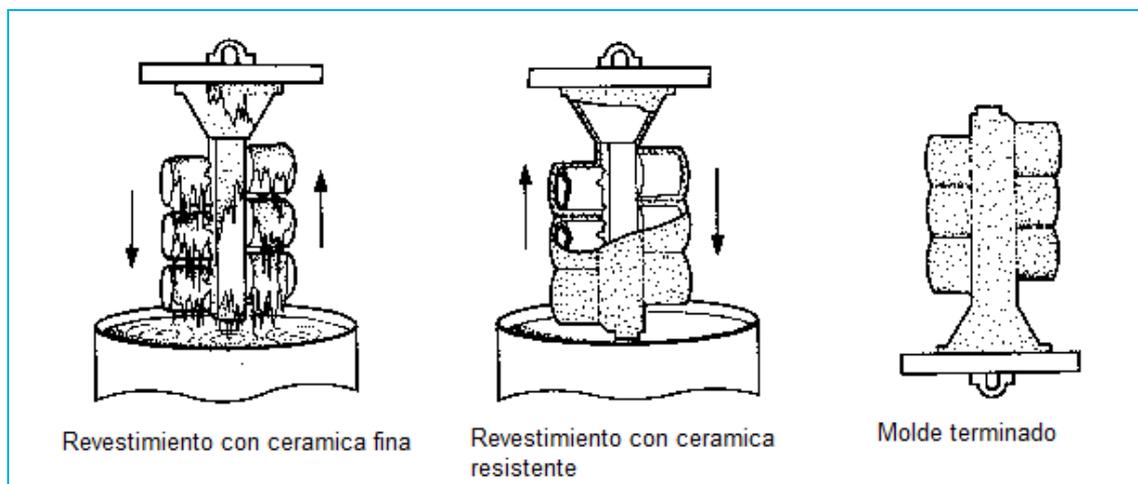


Figura 6. Proceso del molde.

Posteriormente se quema la cera al introducir el molde refractario en un horno a una temperatura superior a la temperatura de fusión de la cera, asegurándose de eliminar por completo hasta el menor vestigio de esta.

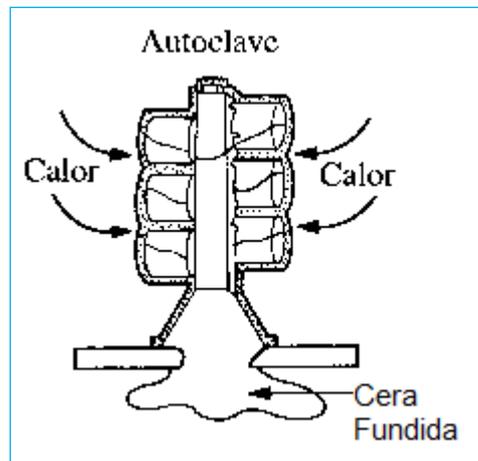


Figura 7. Fusión del modelo

Cuando la cera esta totalmente eliminada, se procede a vaciar en el molde metal fundido, este entra por los bebederos y se esparce por los canales de colada de tal forma que cubre la cavidad del molde donde se encontraba la cera perdida. Luego que el metal se enfría, se destruye el molde, quedando al descubierto la pieza y todo el entramado de arterias que ahora son de metal, las cuales serán suprimidas.

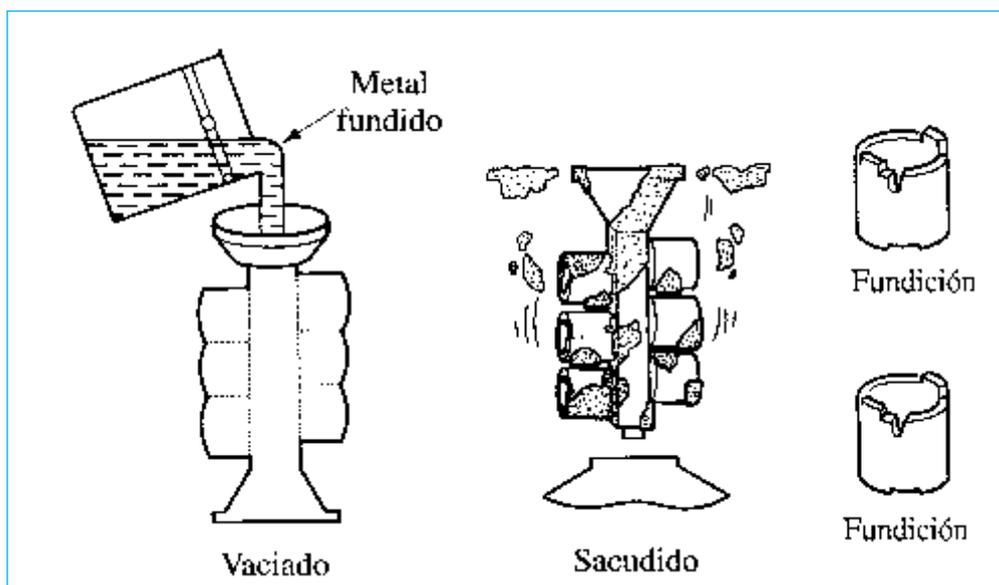


Figura 8. Proceso de fundición.

Finalmente se procede a cincelar y repasar la superficie para eliminar las imperfecciones de la pieza final.

4.3 PROCESO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO

El poliestireno expandido es un material plástico espumado, derivado del poliestireno y utilizado en el sector de los empaques, puesto que este material no se pudre. En los supermercados, lo encontramos fácilmente en forma de bandeja en las secciones de heladería, pescadería, carnicería, frutas y verduras.



Figura 9. Poliestireno Expandido

El proceso de fundición con poliestireno expandido utiliza un molde en arena que recubre el patrón en poliestireno. Luego de estar recubierto el modelo se procede a vaciar el metal dentro del molde en arena y de esta forma el poliestireno se vaporiza.

Como es un proceso con molde de arena, usa mazarotas y bebederos. Este molde no necesita aglutinantes por el patrón usado, por lo que la arena podrá ser reciclada.

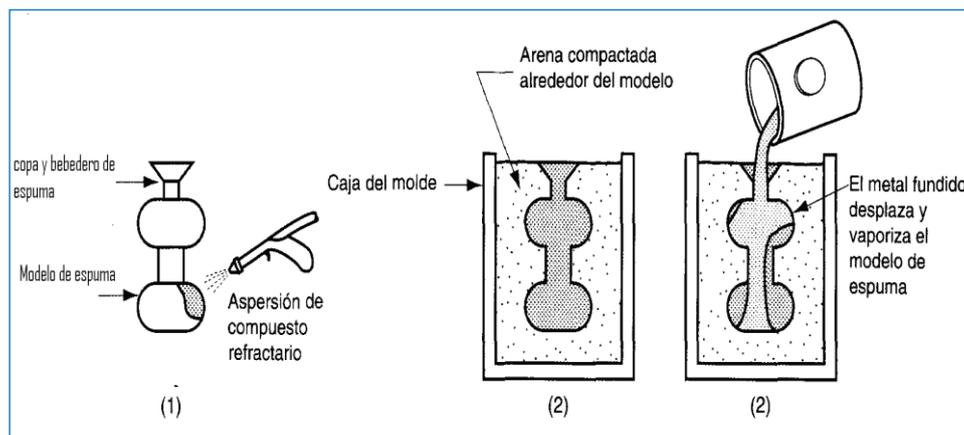


Figura 10. Proceso de fundición con poliestireno expandido.

Los pasos a seguir en el proceso de fundición con poliestireno expandido serán: (1) el modelo de poliestireno se cubre con un compuesto refractario; (2) el modelo de espuma se coloca en la caja del molde y la arena se compacta alrededor de éste y (3) se vacía el metal fundido en la parte del patrón que forma la copa de vaciado y el bebedero.

Al entrar el metal en el molde la espuma de poliestireno se vaporiza y deja que el metal llene su lugar en la cavidad.

5 FUNDICIÓN EN MOLDES PERMANENTES.

Si bien durante la práctica de fundición no se realizara ninguna práctica de fundición en molde permanente a continuación se hará mención sobre él para entender las principales características de estos procesos.

Los moldes permanentes por lo general se componen de dos mitades metálicas que al unirse generan la cavidad y todo el sistema de alimentación; estas dos mitades se fabrican maquinadas, lo cual garantiza muy buen acabado superficial y una alta precisión dimensional de los productos fundidos.

Al iniciar el proceso las dos mitades del molde se sujetan juntas y se precalientan para evitar el choque térmico entre el metal fundido y la cavidad del molde, esto también facilita el flujo del metal y la calidad de la fundición. El molde inicia su enfriamiento mediante canales de refrigeración para poder proceder a extraer la pieza solidificada.

Los metales típicos a fundir en moldes permanentes son las aleaciones de aluminio, magnesio y cobre.

Se pueden clasificar los procesos en molde permanente partiendo de la presión que se utiliza para llenar la cavidad con el metal fundido.

5.1 Fundición en molde permanente por gravedad.

Este es el proceso más sencillo de fundición en molde permanente; en este el metal fundido se vierte dentro de la cavidad y solo se utiliza la fuerza de la gravedad para garantizar que toda la cavidad se llene del metal.

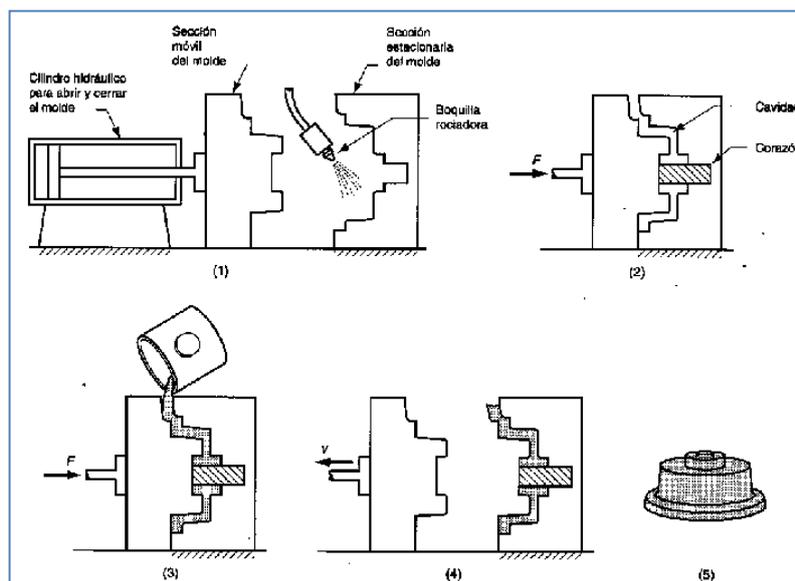


Figura 11. Fundición en molde permanente por gravedad

5.2 Fundición en molde permanente a baja presión.

En la fundición a baja presión el metal líquido fluye debido a una presión que se aplica desde abajo y lo obliga a llenar la cavidad del molde, una gran ventaja de este procedimiento es que el metal pasa directamente del crisol al molde sin estar expuesto al aire. Esto disminuye la porosidad producida por el gas y los defectos generados por la oxidación.

La presión necesaria es de aproximadamente 15 psi y esta se debe mantener hasta que el metal se solidifica en el interior de la cavidad.

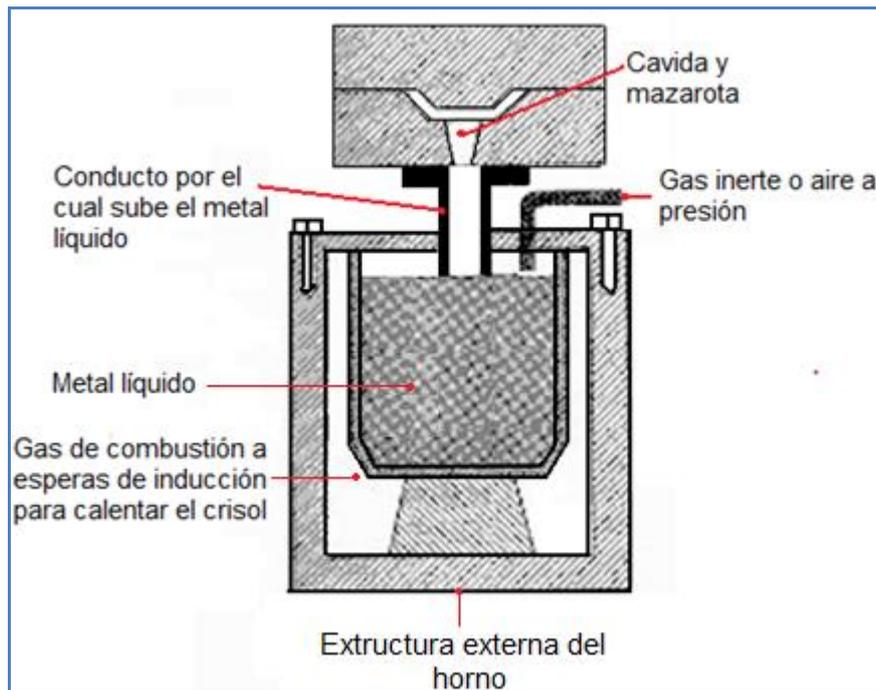


Figura 12. Molde permanente a baja presión

5.3 Fundición en molde permanente al vacío.

Este proceso es muy similar al proceso de fundición a baja presión. Se diferencia en que ahora en la cavidad del molde se genera vacío y la diferencia de presión entre la cavidad y crisol con metal fundido que se encuentra a presión atmosférica, obliga al metal a llenar la cavidad.

En comparación con el proceso de fundición a baja presión, este es más costoso debido a que generar vacío es más difícil que generar una baja presión. Sus beneficios son que en la fundición se reduce la porosidad y la oxidación debidas al aire y mejora de esta forma la resistencia mecánica del producto.

5.4 Fundición en molde permanente a alta presión.

En este método también conocido como inyección en matriz o dado, el metal es forzado por un pistón a llenar el molde gracias a presiones de hasta 100.000 psi; esta presión se debe mantener hasta que la pieza se solidifica y se puede retirar de la cavidad. Los moldes suelen recibir el nombre de dados.

Existen dos tipos de procesos de inyección.

El primero llamado de cámara caliente en el cual el metal fundido es empujado por un pistón que lo conduce hasta el molde. El pistón o cámara de inyección esta caliente manteniendo el metal fluido, gracias a que actúa dentro del crisol.

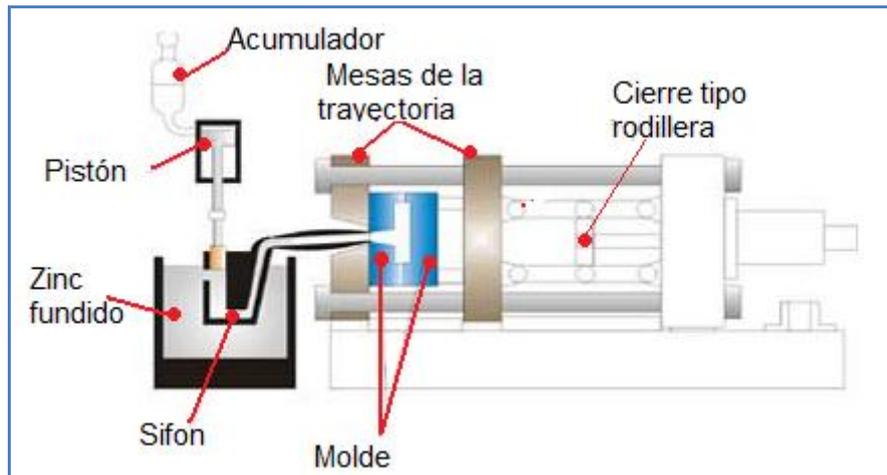


Figura 13. Proceso de cámara caliente

En el segundo proceso de cámara fría la cámara de inyección no esta caliente obligando a que las cantidades de metal a utilizar sea muy precisas para evitar solidificación dentro de la cámara.

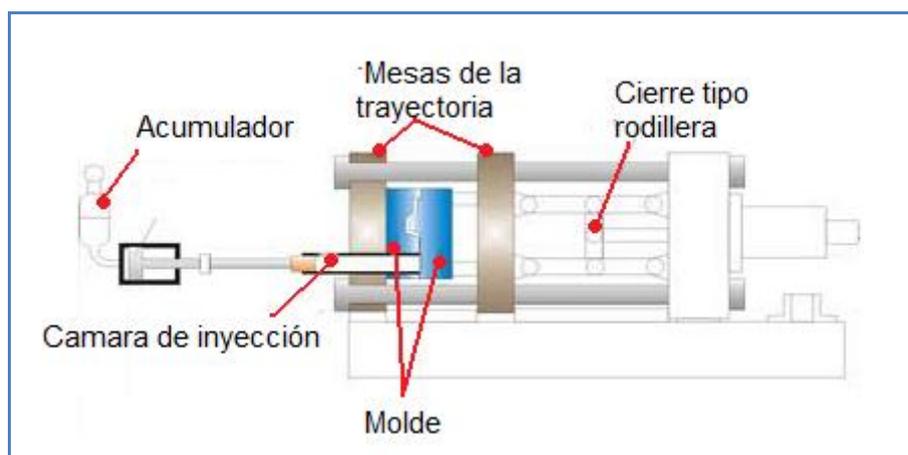


Figura 14. Proceso de cámara fría

Mediante estos procesos se pueden llegar a obtener hasta 300 inyecciones por hora para metales como el zinc.

6 TIPOS DE HORNOS

Los hornos que se usan para fundir metales y sus aleaciones varían mucho en capacidad y diseño. Varían desde los pequeños hornos de crisol que contienen unos pocos kilogramos de metal a hornos de hogar abierto de hasta varios centenares de toneladas de capacidad del horno. El tipo de horno usado para un proceso de fundición queda determinado por los siguientes factores:

- Necesidades de fundir la aleación tan rápidamente como sea posible y elevarla a la temperatura de vaciado requerida. (Ahorro de energía y de tiempo)
- La necesidad de mantener tanto la pureza de la carga, como precisión de su composición. (Control de calidad)
- Producción requerida del horno. (Productividad y economía)
- El costo de operación del horno. (Productividad y economía)
- Interacción entre la carga el combustible y los productos de la combustión. (Eficiencia):
 - La carga se encuentra entre el combustible y los productos de la combustión. (Hornos cubilote).
 - La carga está aislada del combustible pero en contacto con los productos de la combustión. (Horno hogar abierto para la fabricación de acero).
 - La carga esta aislada tanto del combustible como de los productos de la combustión. (hornos de crisol calentado por combustión de gas, carbón pulverizado ó petróleo).

6.1 Hornos de crisol

Los hornos de crisol trabajan por combustión de un elemento como el gas el cual calienta el crisol que contiene el material a fundir. También puede ser calentado usando energía eléctrica: horno de inducción.

El crisol se apoya sobre la peana que esta hecha también en material refractario y le da la posición necesaria con respecto a la salida del gas.

Para lograr concentrar el calor alrededor del crisol este esta contenido entre unas paredes refractarias que generan una cavidad para el flujo de los gases de combustión.

Existen hornos con crisol móvil o con crisol fijo. La diferencia entre estos es que el crisol móvil al fundir el metal se levanta y sirve como cuchara de colada. Los hornos de crisol fijo se deben cucharear para realizar la fundición.

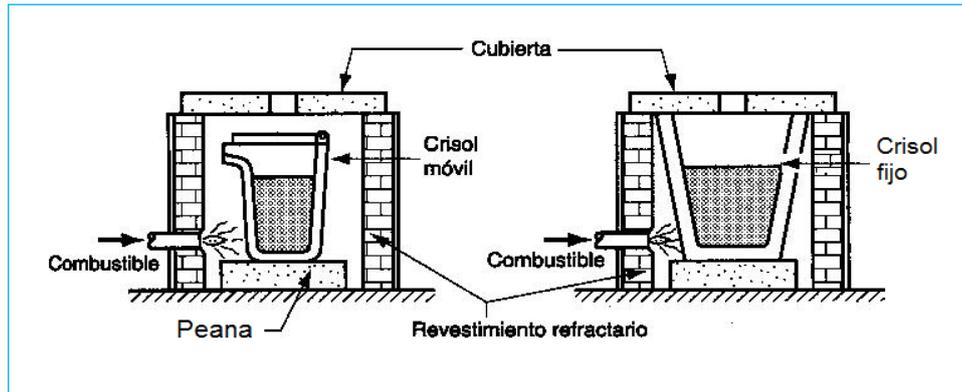


Figura 15. Hornos de crisol móvil y horno de crisol fijo.

6.2 Hornos eléctricos

El tipo más sencillo de horno eléctrico es el horno de resistencia, en el que se genera calor haciendo pasar una corriente eléctrica por un elemento resistivo que rodea las paredes internas del horno.

El elemento calefactor puede adoptar la forma de una bobina de alambre enrollada alrededor de un tubo de material refractario o puede consistir en un tubo de metal u otro material resistivo, como el carborundo.

Los hornos de resistencia son especialmente útiles en aplicaciones en las que se necesita un horno pequeño cuya temperatura pueda controlarse de forma precisa.



Figura 16. Horno del laboratorio: Eléctrico a resistencia.

El horno del laboratorio cuenta con un controlador de temperatura que permite regular la temperatura a la que se encuentra el horno y realizar curvas de calentamiento para procesos que requieren cambios de temperatura controlados en el tiempo.

El sistema de control de temperatura del horno es de tipo PID, (Proporcional, Integral, Derivativo). La acción proporcional modula la respuesta del sistema, la integral corrige la caída o el aumento de la temperatura, y la derivativa, previene que haya sobrecarga en el sistema. Este tipo de control, regula la temperatura de forma tal que a medida que se acerca a la medida deseada, hay un comportamiento para acercarse en forma suave y controlada al valor final requerido.

7 DEFECTOS DEL PROCESO DE FUNDICIÓN

Durante el proceso de fundición se pueden presentar varios defectos que pueden ser originados por causas como un mal diseño de las piezas, la mala selección de los materiales o deficiencias de los procesos de fundición.

El que una pieza presente defectos no solo afectara su forma o apariencia. Algunos defectos podrían llegar a afectar la estructura mecánica de la pieza y generar puntos débiles o concentradores de esfuerzos.

Actualmente existen diversos procesos para realizar la inspección a los productos fundidos. Al inspeccionar, visualmente o con tintas penetrantes se pueden detectar defectos superficiales en los productos.

Al realizar pruebas destructivas se escogen muestras de un lote de producción y se realizan ensayos que permiten determinar la presencia y localización de cavidades u otros defectos internos.

Las pruebas no destructivas como la inspección con partículas ferromagnéticas, ultrasonido o radiografía son ideales para la inspección de piezas, sin necesidad de alterar las mismas.

Algunos defectos de fundición son comunes a todos los procesos de fundición. A continuación se mencionan los más usuales:

1. **Proyecciones metálicas:** Formadas por aletas, rebabas o proyecciones masivas como ondulaciones o superficies ásperas.
2. **Cavidades:** Cavidades redondeadas o ásperas internas o externas, incluyendo rechupes, sopladuras, porosidades y cavidades de contracción.
3. **Discontinuidades:** Estas están formadas por todo tipo de grietas y puntos fríos. Las grietas se forman cuando durante el enfriamiento el metal no puede realizar una libre contracción. El punto frío es una discontinuidad que se presenta debido a la unión de dos corrientes de metal líquido, cercanas al punto de solidificación.

4. **Superficie defectuosa:** Defectos tales como los pliegues, traslapes, cicatrices, capas de arena adherida o cascarillas de óxido.
5. **Fundición incompleta:** Son debidas a fallas de llenado, volumen insuficiente de metal vaciado y fugas. Se pueden deber a temperaturas muy bajas del metal fundido o tiempos muy largos de vaciado.
6. **Dimensiones o formas incorrectas:** Se pueden presentar por una inadecuada tolerancia de contracción, un error en el montaje del modelo o una deformación por liberación de esfuerzos residuales de la pieza fundida.
7. **Inclusiones:** Estas inclusiones principalmente de material no metálico actúan como concentradores de esfuerzos y reducen la resistencia de la fundición. Se pueden dar por reacción del metal fundido con el entorno (oxidación), con el material del crisol (cerámicas) o el molde (arena) o con otros materiales extraños atrapados en el metal fundido (escoria).

Al referirse específicamente a la fundición en arena los principales defectos que se presentan durante el proceso son (Ver Figura 17):

- a. **Sopladuras:** Cuando se forma una cavidad causada por gases atrapados, la baja permeabilidad o el alto contenido de humedad en la arena son las causas más probables.
- b. **Puntos de alfiler:** Es un defecto similar a la sopladura que forma muchas pequeñas cavidades en la superficie o ligeramente por debajo de ella, causado por gas retenido en el metal fundido.
- c. **Caídas de arena:** Provoca una irregularidad en la superficie de la pieza y resulta por la erosión del molde de arena durante el proceso de vaciado.
- d. **Costras:** Son áreas rugosas en la superficie de la fundición debidas a la incrustación de arena y metal.
- e. **Corrimiento del molde:** Se evidencia como un escalón en el plano de partición del molde debido a una mala alineación de las dos mitades del molde.
- f. **Corrimiento del corazón:** El efecto de la flotación del corazón en el metal puede hacer que la posición del corazón no sea la adecuada y se genere una variación de la geometría final deseada.

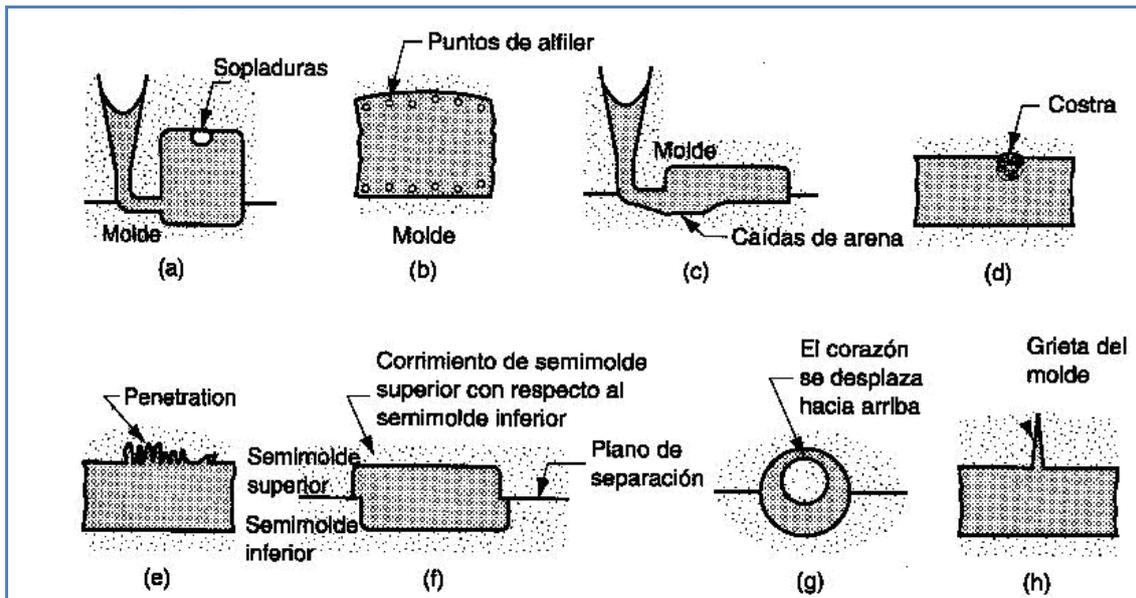


Figura 17. Caracterización de defectos de fundición

8 PRACTICA

8.1 Elementos de la práctica

Caja de moldeo



Figura 18. Caja de moldeo

La caja de moldeo conformada por cuatro placas de aluminio ensambladas entre sí permiten confinar la arena que se utilizara para generar el molde en arena.

Cuenta con guías que permiten alinear y ensamblar las dos cajas de moldeo y las placas modelos, entre sí.

Sus caras pueden desensamblarse para generar varios moldes de arena con la misma caja, sin destruir el molde, una vez enfrentados las mitades del molde entre sí.

Placa modelo

Para los modelos de placas bipartidos la placa modelo sostiene las mitades de los modelos y permite a través de guías ubicar las mitades de forma precisa para que las dos cavidades generadas en arena se unan y generen la cavidad total.



Figura 19. Placa modelo

Ensamble de la caja de moldeo y la placa modelo

El ensamble de la caja de moldeo y la placa modelo muestra como a través de las guías que se encuentran en los dos elementos se garantiza una posición relativa adecuada para generar la cavidad de la arena.

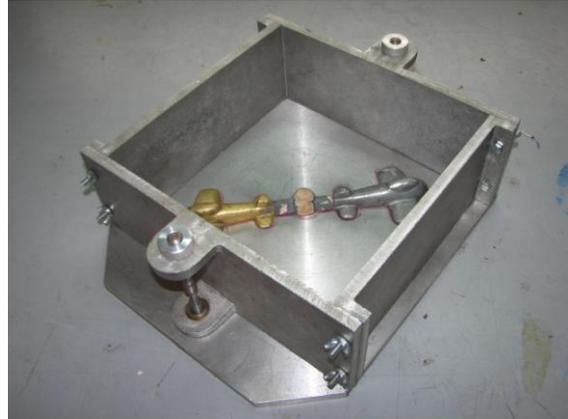


Figura 20. Ensamble de la caja moldeo y la placa modelo

Tamiz



El tamiz permite cernir la arena para garantizar la granulometría de la misma.

Durante el proceso se utiliza arena fina o arena de contacto y arena burda.

Figura 21. Tamiz

Tubos

Los tubos permiten generar las cavidades en la arena que se convertirán en los bebederos del molde.



Figura 22. Tubos

Trompo



Para facilitar el proceso de verter el metal fundido en la cavidad de arena, el extremo del bebedero tiene forma cónica. Para lograr esta forma el trompo se presiona en la boca de la cavidad que deja el tubo al salir de la arena.

Figura 23. Trompo

Apisonador

El apisonador permitirá compactar la arena sobre el modelo y darle contextura a todo el molde en general.

Las formas diversas de sus extremos buscan adaptarse a las diferentes formas de los modelos.



Figura 24. Apisonador

Espátula



El exceso de arena en una caja de moldeo se elimina con una reglilla pero para garantizar un buen acople de las dos mitades del molde en arena, la espátula se utiliza para aplanar la superficie de cada mitad del molde.

Figura 25. Espátula

Cucharas y agujas

Las cucharas se utilizan para arreglar las cavidades generada por el modelo o los canales por los que fluiría el metal.

Las agujas generan los respiraderos que sean necesarios para permitir la salida de aire atrapado en la cavidad.



Figura 26. Cucharas y agujas

8.2 Práctica – Fundición en Arena

Para realizar la fundición en arena se deben llevar a cabo tres procesos básicos, como preparar la arena, preparar el molde y fundir el metal. A continuación se describen detalladamente cada uno de los procesos.

8.2.1 Preparar Arena

a) Arena burda

I. Preparar 20 kg de Arena burda:

Sobre la mesa prepare arena burda, esta arena puede ser una mezcla de 10 % de arena pura con 90% arena que ha sido utilizada en otras fundiciones.

(Pesar 20 kg de arena teniendo en cuenta el peso del balde en el que está depositada la arena).

- II. Depositar la arena burda en la mezcladora buscando desaparecer los grumos, y generando una mezcla homogénea (entre arena usada y arena pura). Diríjase a la Figura 27.



Figura 27. Colocación de arena en la mezcladora.

- III. Sacar la arena de la mezcladora y mida 200 ml de agua en el vaso de precipitado y agréguelos a la arena burda, repita esta operación hasta agregar 600 ml de agua en la arena burda, mientras mezcla cuidadosamente.

- IV. Tomar una porción de arena en la mano y apretarla de tal manera que si la arena toma la forma deseada y no se deshace la forma, la humedad de la arena es la indicada (Ver Figura 28). Si esto no sucede se deben aplicar 100 ml de agua mas a la mezcla, y realizar de nuevo la prueba.



Figura 28. Porción de la arena.

b) Arena de contacto:

Preparar 2 kg de arena de contacto sobre la mesa así como se muestra en la Figura 29.



Figura 29. Preparación de arena

- I. La arena de contacto debe ser arena pura e introducirla en la mezcladora, buscando eliminar grumos. Dirijase a la Figura 27.
- II. Agregar Bentonita al 5% a la arena pura que está dentro de la mezcladora y mezclar durante un rato.
- III. Sacar la arena de la mezcladora.
- IV. Agregar 100 ml de agua a la mezcla.
- V. Tomar una porción de arena en la mano y apretarla de tal manera que si la arena toma la forma deseada y no se deshace la forma, la humedad de la arena es la indicada (Véase Figura 28). Si esto no sucede se debe aplicar 50 ml de agua a la mezcla.

8.2.2 Preparar Molde

- a) Preparar Modelo
 - I. Limpiar la placa modelo, buscando que el modelo a fundir quede totalmente limpio, retirando residuos de arena.
- b) Preparar cajas:

Las cajas para moldear se dividen en dos partes: Caja base y caja cavidad como se mostrara en la Figura 30.

 - I. Revisar las cajas, limpiar las cajas y revisar tornillos para su ajuste (Véase Figura 30).
 - II. Preparar cuatro guías para el proceso de moldeo.

8.2.3 Fundir metal

El material seleccionado para fundir esta pieza es Aluminio.

- I. Pesar y depositar en el crisol 700 gr de aluminio.
- II. Llevar el metal hasta una temperatura de 700°C.
- III. Agregar 10 g de Alufun y 10 g de Separafun mientras que es calentado y fundido.
- IV. Cucharear el metal y quitar la escoria generada.



Figura 30. Cajón de fundición

Proceso para llevar a cabo la fundición:

- I. Ensamblar la caja cavidad con la placa modelo que tiene los modelos con la forma a fundir, utilizando las guías Véase Figura 31.

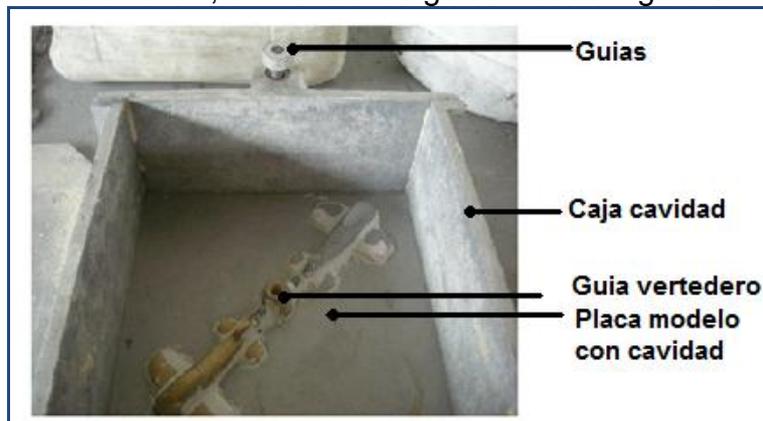


Figura 31. Ensamble caja cavidad con la placa modelo

- II. Posicionar dentro de la caja cavidad y en el centro del modelo el vástago que dará la forma al vertedero, utilizando la guía que se encuentra en su extremo. Ver la Figura 32.
- III. Verter arena de contacto 2 kg a la caja cavidad sobre la placa modelo.



Figura 32. Ubicación del vástago y aplicación de arena en la caja cavidad

- IV. Apisonar la arena de contacto. Teniendo en cuenta la ubicación del vertedero. Véase Figura 33.

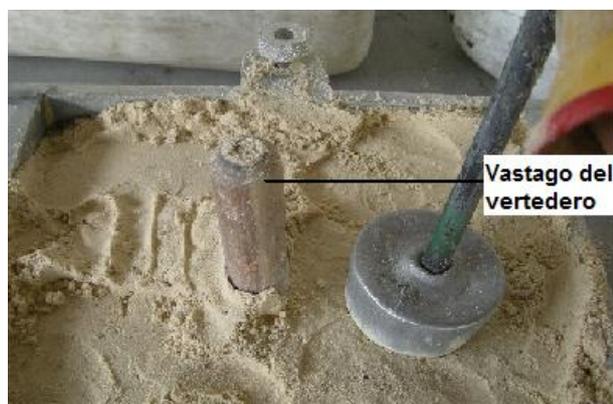


Figura 33. Arena aprisionada.

- V. Verter 2 o 3 capas de arena burda sobre arena de contacto hasta cubrir la caja cavidad. Al tiempo que se verte una capa se debe ir apisonando la misma. Véase Figura 34.



Figura 34. Arena aplicada

- VI. Aplanar la superficie superior de la arena en la caja cavidad. Ver la Figura 35.



Figura 35. Arena aplanada

- VII. Retirar el modelo del vertedero. Ver Figura 36



Figura 36. Retiro de vertedero

- VIII. Preparar boca superior del vertedero con el trompo aumentando la boca superior, para facilitar el proceso posterior de verter el metal.



Figura 37. Vertedero preparado

- IX. Voltear la caja cavidad, teniendo cuidado para no desmoronar la arena.
- X. Retirar la placa modelo manteniendo la alineación con las guías evitando se desmorone la arena, se le pueden dar pequeños golpes laterales a la placa modelo para garantizar un buen desmolde.
- XI. Ensamblar la caja base con la placa modelo lisa, utilizando las guías.



Figura 38. Caja base con placa modelo lisa.

- XII. Verter 2 o 3 capas de arena burda hasta cubrir la caja base. Se debe ir vertiendo y apisonando.
- XIII. Aplanar superficie superior de arena caja base.



Figura 39. Arena apisonada y aplanada en la superficie de la caja

- XIV. Ubicar caja base en la posición definitiva en la que se va a fundir sobre la mesa.
- XV. Girar la caja cavidad teniendo en cuenta que la cavidad del moldeo debe coincidir con la parte superior de la caja base.
- XVI. Unir caja base con caja cavidad, utilizando las guías.
- XVII. Verter metal fundido en el agujero del vertedero. A una velocidad adecuada evitando defectos de fundición y salpicaduras.
- XVIII. Esperar que se solidifique.
- XIX. Separar caja cavidad de caja base.
- XX. Sacar pieza fundida.

8.3 Práctica – Fundición en Cera Pérdida

Para realizar la fundición en cera pérdida se deben llevar a cabo tres procesos básicos, como preparar el modelo, preparar el refractario y fundir el metal. A continuación se describen detalladamente cada uno de los procesos:

a) Modelo

- I. Elaborar el modelo y los canales de alimentación en cera utilizando el molde correspondiente. Depositar la cera dentro de un recipiente metálico y llévelo a 60°C por 5 minutos buscando derretir la cera; viértala en el molde correspondiente y espere 10 minutos para su solidificación.

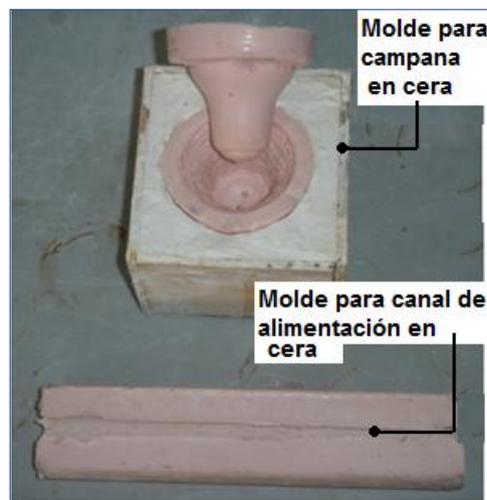


Figura 40. Molde en cera para campana y canal de alimentación.

- II. Cortar láminas de 2 x 10 cm de cera; únalos al modelo y vertedero cumpliendo la función de respiraderos.
- III. Ubicar las partes de tal forma que al girar el modelo y derretir la cera, esta tenga una dirección de flujo adecuada para que pueda salir del molde.

b) Refractario

- I. Medir y depositar en un recipiente 700 gr de yeso tipo 5.
- II. Agregar 800 ml de agua y de esta forma el yeso tomara la consistencia adecuada.
- III. Mezclar de forma uniforme y constante durante 2 minutos.

c) Fundir metal

El material seleccionado para fundir esta pieza es Estaño.

- I. Pesar y depositar en el crisol 0.5 Kgr de metal.
- II. Llevar el metal hasta 450°C
- III. Retirar (con una cuchara) la escoria generada.

d) Preparar y llenar el molde

- I. Agregar al recipiente una capa de dos centímetros, sobre esta capa ubique la argolla superior de la campana y agregue yeso hasta que quede a nivel con el vertedero.



Figura 42. Partes de la campana



Figura 41. Contenedor

- II. Cerciorarse que ni la parte extrema del vertedero, ni los respiraderos sean cubiertos por el yeso, conservando los canales de salida de la cera.
- III. Introducir el contenedor con el modelo en el horno y ubíquelo de tal forma que la cera desplazada por gravedad se dirija a la bandeja ubicada dentro del horno.
- IV. Programar una rampa de calentamiento de la siguiente forma:

	Tiempo	Temperatura
1	3/4 hora	Ambiente -300 ° C
2	1/2 hora	300 ° C - 450°C

- a. En el tiempo 1 se elimina la humedad del yeso y se derrite la cera.
 - b. En el tiempo 2 el yeso acaba de curarse y evita el choque térmico al iniciar la fundición.
- V. Verter el metal en el molde cuidadosamente.



Figura 43. Metal vertido

VI. Esperar que se solidifique



Figura 44. Metal solidificado

VII. Introducir el molde en agua fría.



Figura 45. Molde en agua fría

VIII. Romper el molde cerámico teniendo cuidado de no romper la pieza.



Figura 46. Molde roto de cerámica.

IX. Sacar la pieza fundida.



Figura 47. Campana de estaño fundida